



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 42 033 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 01 P 9/04**  
G 01 P 15/02  
G 01 C 19/56

⑳ Aktenzeichen: P 44 42 033.1  
㉑ Anmeldetag: 25. 11. 94  
㉒ Offenlegungstag: 30. 5. 96

DE 44 42 033 A 1

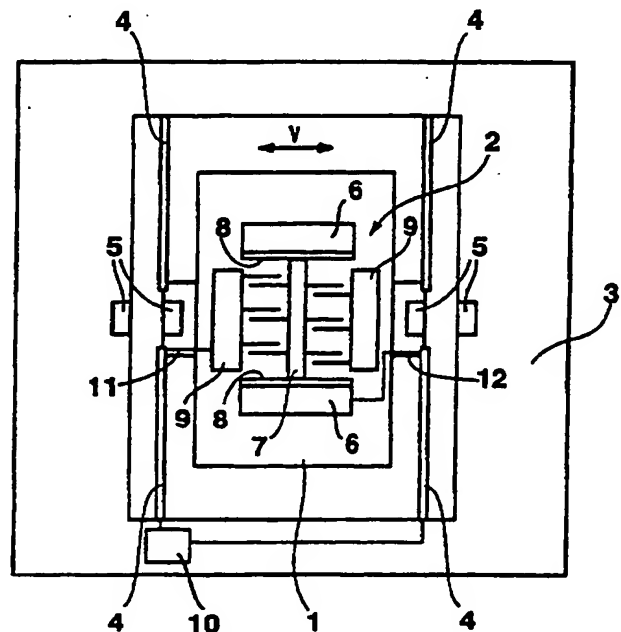
㉑ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉒ Erfinder:  
Lutz, Markus, Dipl.-Ing., 72762 Reutlingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Drehratensensor

⑤7 Es wird ein Drehratensensor beschrieben, der aus einer Schwingmasse (1) besteht, auf der ein Beschleunigungssensor (2) so angeordnet ist, daß der Beschleunigungssensor (22) parallel zur Oberfläche der Schwingmasse (1) auslenkbar ist. Mit Hilfe dieser Anordnung ist eine Messung der Corioliskraft parallel zur Oberfläche der Schwingmasse (1) möglich.



DE 44 42 033 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 98 602 022/295

5/27

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Drehratensensor nach der Gattung der Hauptansprüche. Es ist aus der Offenlegungsschrift DE-40 32 559 bereits ein Drehratensensor bekannt, bei dem ein Beschleunigungssensor auf einer plattenförmigen Schwingmasse angeordnet ist und senkrecht zur Ebene der Schwingmasse auslenkbar ist.

## Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Drehratensensor mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß eine einwirkende Corioliskraft, die parallel zur Oberfläche der Schwingmasse wirkt, meßbar ist.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Drehratensensors möglich. Besonders vorteilhaft ist es, den Beschleunigungssensor in Form einer Kammstruktur auszubilden. Die Kammstruktur ist verhältnismäßig einfach herzustellen und ermöglicht aufgrund der großen kapazitiven Flächen eine hohe Meßgenauigkeit.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung des Drehratensensors besteht darin, die schwingende Masse mittels gefalteter Stege mit einem Rahmen auslenkbar zu verbinden, so daß bei einer Schwingung der Schwingmasse eine Beanspruchung der Stege nur auf Biegung erfolgt. Selbstverständlich können auch Stege verwendet werden, die ein Vielfaches der zweifachen Faltung gefaltet sind.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung des Drehratensensors besteht darin, zwei Schwingmassen mit jeweils einem Beschleunigungssensor anzuordnen und die zwei Schwingmassen gegenphasig zur Schwingung anzuregen. Durch Verwendung von gegenphasig schwingenden Schwingmassen ist eine gegenphasige Auswertung der Meßsignale der zwei Beschleunigungssensoren möglich, wodurch Störbeschleunigungen durch Differenzbildung der Meßsignale herausgefiltert werden.

Weiterhin ist es von Vorteil, die zwei Schwingmassen über jeweils zwei zweifach gefaltete Stege mit jeweils zwei weiteren Stegen, die mit dem Rahmen verbunden sind, zu verbinden. Auf diese Weise wird die gegenphasige Schwingung der beiden Schwingmassen durch die gewählte Ankopplung der beiden Schwingmassen verbessert.

## Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 einen Drehratensensor

Fig. 2 einen Drehratensensor mit einer speziellen Aufhängung und

Fig. 3 einen Drehratensensor mit zwei Schwingmassen.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Fig. 1 zeigt einen Drehratensensor, der einen rechteckförmigen Rahmen 3 aufweist. Innerhalb des Rahmens 3 ist eine Schwingmasse 1 angeordnet, die über

vier Stege 4 mit dem Rahmen 3 in einer Richtung auslenkbar verbunden ist. Die Schwingmasse 1 ist in diesem Ausführungsbeispiel als rechteckförmige Siliziumplatte ausgebildet. Die Stege 4 sind als lange, hohe und schmale Stege, d. h. mit einem hohen Aspektverhältnis, ausgebildet, so daß die Schwingmasse 1 nur in der Ebene des Rahmens 3 auslenkbar ist. Es sind jeweils zwei Stege 4 in einer Flucht angeordnet und zwei Stege 4 parallel zueinander ausgerichtet. Eine Auslenkung der Schwingmasse 1 erfolgt senkrecht zu der Flucht der Stege 4. Auf dem Rahmen 3 und der Schwingmasse 1 sind Antriebsmittel 5 angeordnet, die die Schwingmasse 1 in eine Schwingung senkrecht zur Flucht der Stege 4 versetzen. Als Antriebsmittel können z. B. elektromagnetische, elektrostatische oder piezoelektrische Antriebe verwendet werden.

Auf der Schwingmasse 1 ist ein auslenkbarer Beschleunigungssensor 2 angeordnet, der aus zwei gegenüberliegend angeordneten Blöcken 6 besteht, wobei zwischen den Blöcken 6 eine auslenkbare Masse 7 angeordnet ist, die über jeweils einen Biegebalken 8 mit einem der Blöcke 6 verbunden ist, wobei die auslenkbare Masse 7 zwischen den Blöcken 6 auslenkbar angeordnet ist. Die Blöcke 6 sind fest mit der Schwingmasse 1 verbunden. Die auslenkbare Masse 7 besteht aus einem länglichen Balken, der mit je einem Ende mit einem Biegebalken 8 fest verbunden ist. Auf jeder Seite des Balkens sind jeweils drei senkrecht zum Balken ausgerichtete Platten angeordnet. Auf jeder Seite der auslenkbaren Masse 7 ist eine Halterung 9 parallel zur auslenkbaren Masse 7 auf der Schwingmasse 1 angeordnet. Von jeder Halterung 9 reichen in Richtung zur auslenkbaren Masse 7 drei Platten. Die Platten der Halterung 9 und die Platten der auslenkbaren Masse 7 bilden jeweils einen Kondensator. Die Biegebalken 8 sind so ausgebildet, daß eine einwirkende Corioliskraft zu einer Auslenkung der auslenkbaren Masse 7 in Richtung auf einen Block 6 führt. Dadurch werden die Abstände zwischen den Platten der Halterung 9 und den Platten der auslenkbaren Masse 7 verändert, wodurch über kapazitive Messungen ein Nachweis der einwirkenden Corioliskraft erfolgt. Von den Halterungen 9 ist eine erste Leitung 11 über einen Steg 4 zu einer Auswerteeinheit 10 geführt. Ebenso ist von der auslenkbaren Masse 7 eine zweite Leitung 12 zu der Auswerteeinheit 10 geführt. Die Auswerteeinheit 10 ermittelt somit über die Änderung der Kapazitäten der Platten ein der zur Corioliskraft proportionales Meßsignal. In diesem Ausführungsbeispiel ist der Drehratensensor aus Silizium aufgebaut. Es können jedoch auch andere Materialien verwendet werden.

Fig. 2 zeigt eine Schwingmasse 1 mit einem Beschleunigungssensor 2 entsprechend der Fig. 1, wobei jedoch die Stege 4, über die die Schwingmasse 1 mit dem Rahmen 3 verbunden ist, eine spezielle Form aufweisen. Zur Aufhängung der Schwingmasse 1 werden vier Stege 4 verwendet, die jeweils doppelt gefaltet sind. Ein Ende jedes Steges 4 ist mit der Schwingmasse 1 verbunden und ein zweites Ende jedes Steges 4 ist jeweils mit dem Rahmen 3 verbunden. Die Verbindungspunkte jedes Steges 4 am Rahmen 3 und an der Schwingmasse 1 liegen in einer Geraden parallel zur Schwingungsrichtung der Schwingmasse 1. Durch die zweifache Faltung der Stege 4 wird erreicht, daß bei Schwingung der Schwingmasse 1 die Stege 4 nur auf Biegung beansprucht werden. Auf diese Weise wird aus der Schwingmasse 1 ein linearer Schwinger, d. h. die einwirkende Kraft ist immer proportionale der Auslenkung der

Schwingmasse 1. Somit wird die Schwingungsrichtung der Schwingmasse 1 exakt vorgegeben, wodurch die Störeinflüsse auf den Beschleunigungssensor 2 reduziert werden. Somit erfolgen durch die Schwingmasse 1 keine Störeinflüsse mehr auf den Beschleunigungssensor 2. Dadurch ist die Genauigkeit der Proportionalität des Meßsignales des Beschleunigungssensors 2 zur einwirkenden Corioliskraft verbessert.

Fig. 3 zeigt einen Drehratensensor, der aus zwei in einem Rahmen angeordneten Schwingmassen 1 besteht. Jede Schwingmasse 1 ist über zwei zweifach gefaltete Stege 4 mit einem Seitenteil des Rahmens 3 verbunden. Die zwei Schwingmassen 2 sind miteinander über jeweils zwei doppelt gefaltete zweite Stege 13 verbunden. Zwischen den jeweils zwei zweiten Stegen 13 sind jeweils zwei dritte Stege 14 angeordnet, die eine Verbindung zwischen den zwei zweiten Stegen 13 und dem Rahmen 3 herstellen. Die Aufhängung zwischen den zwei Schwingmassen 1, die aus den zweiten und dritten Stegen 13, 14 besteht, ist so ausgebildet, daß ein gegenphasiges Schwingen der Schwingmassen 2 unterstützt wird.

Die Meßsignale der beiden Beschleunigungssensoren 2 werden über jeweils eine erste und eine zweite Leitung 11, 12 an eine Auswerteeinheit 10 geführt. Die Auswerteeinheit 10 führt eine Differenzbildung der Meßsignale durch, wodurch Störungen, die durch die Schwingmassen 1 erzeugt werden, herausgefiltert werden. Dies ist aufgrund der gegenphasigen Schwingung der Schwingmassen 1 möglich.

Der Drehratensensor wird vorzugsweise aus Silizium herausstrukturiert, wobei das in der Patentschrift DE-42 41 045 beschriebene anisotrope Ätzverfahren für die Strukturierung des Siliziums verwendet wird. Die Biegebalken 8, über die die auslenkbare Masse 7 des Beschleunigungssensors 2 mit der Schwingmasse 1 verbunden ist, werden mit einem hohen Aspektverhältnis, d. h. schmal und hoch ausgebildet, so daß die auslenkbare Masse 7 unempfindlich gegenüber Auslenkungen senkrecht zur Oberfläche der Schwingmasse 1 aufgehängt ist. Durch die Verwendung von gefalteten Stegen, die bei Schwingung nur auf Biegung belastet werden, wird ein Drehratensensor erzeugt, der ein lineares Schwingverhalten zeigt wobei Oberwellen unterdrückt werden und die Schwingmasse 1 sehr präzise und stör sicher in der vorgegebenen Schwingungsrichtung geführt wird.

#### Patentansprüche

1. Drehratensensor mit einem Schwingsystem mit Antriebsmitteln (5) und einem Beschleunigungssensor (2), dadurch gekennzeichnet, daß der Beschleunigungssensor (2) in der Ebene der Schwingungsrichtung und senkrecht zur Schwingungsrichtung des Schwingsystems (1) auslenkbar ist.
2. Drehratensensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Beschleunigungssensor (2) eine Kammstruktur ausgebildet ist.
3. Drehratensensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die auslenkbare Masse (7) der Kammstruktur über Biegebalken (8) mit dem Schwingsystem (1) auslenkbar verbunden ist, daß die Biegebalken (8) ein hohes Aspektverhältnis aufweisen, so daß eine Auslenkung der auslenkbaren Masse (7) der Kammstruktur parallel zur Schwingungsrichtung unterdrückt wird.
4. Drehratensensor nach einem der Ansprüche 1 bis

3, dadurch gekennzeichnet, daß das Schwingsystem (1) mittels zweifach und Vielfache von zweifach gefaltete Stege (4) an einem Rahmen (3) auslenkbar aufgehängt ist, so daß bei Schwingung des Schwingsystems (1) eine Beanspruchung der Stege (4) nur auf Biegung erfolgt.

5. Drehratensensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweites Schwingsystem (1) mit einem zweiten Beschleunigungssensor (2) mit dem Rahmen (3) auslenkbar verbunden ist, und daß das erste und das zweite Schwingsystem über mindestens einen weiteren Steg (13, 14) aneinander in der Weise gekoppelt ist, daß die zwei Schwingsysteme (2) gegenphasig schwingen.

6. Drehratensensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der weitere Steg (13, 14) zweifach gefaltet bzw. Vielfache von zweifach gefaltet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

\* Fig. 1

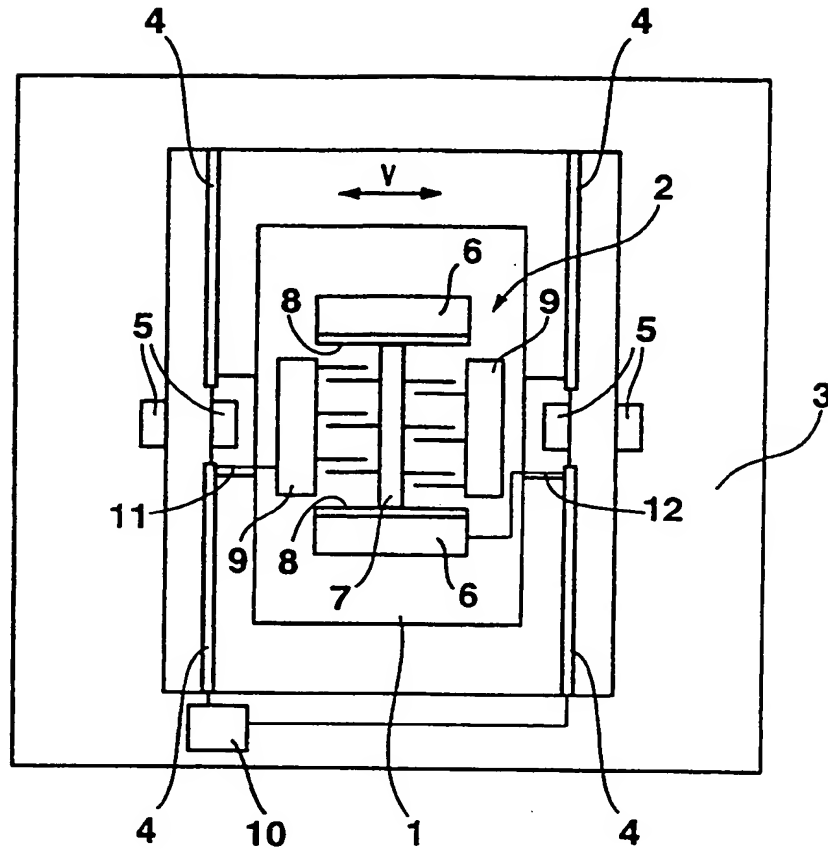


Fig. 2

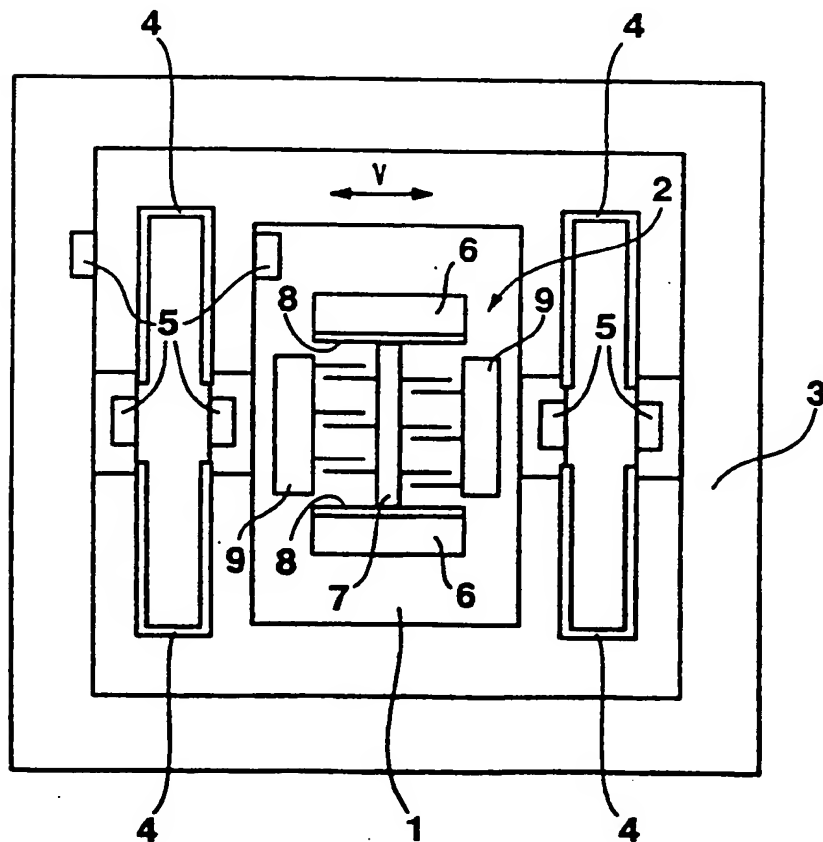


Fig. 3

